

国网江苏盐城供电公司综合能源服务系列教材

综合能源服务技术框架 及业务模式

赵文会 主编

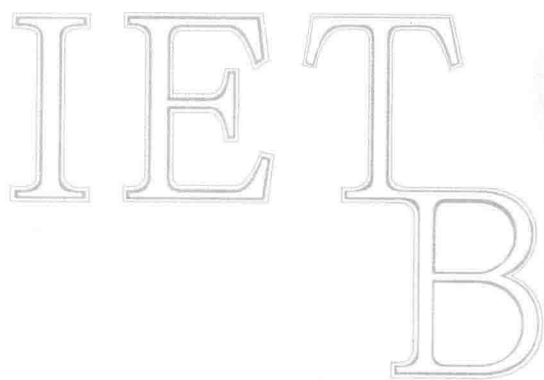


北京财经大学出版社

国网江苏盐城供电公司综合能源服务系列教材

综合能源服务技术框架 及业务模式

主 编 赵文会



图书在版编目(CIP)数据

综合能源服务技术框架及业务模式/赵文会主编. —上海:上海财经大学出版社,2019.3

(综合能源服务系列教材)

ISBN 978-7-5642-3232-0/F·3232

I. ①综… II. ①赵… III. ①能源经济-研究 IV. ①F407.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 054357 号

☐ 责任编辑 施春杰

☐ 封面设计 贺加贝

综合能源服务技术框架及业务模式

赵文会 主编

上海财经大学出版社出版发行
(上海市中山北一路 369 号 邮编 200083)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海华业装潢印刷厂印刷装订

2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷

710mm×1000mm 1/16 14.75 印张 217 千字

定价:52.00 元

国网江苏盐城供电公司
综合能源服务系列教材

编委会

组 长：张 强

副组长：李勇健

成 员：周长华 纪文华 高乃天 陶 建 施泉生

赵文会 王 辉

本书作者：

主 编：赵文会

副主编：李勇健 周 宇 张 强

龚 彧 施泉生 王 辉

成 员：徐 瑶 冯 昊 黄伟倩

王 勇 潘卫国 陈晓萌

王晓梅 崔 鑫 邹蕊灿

张九阳 李祐廷 王占洋

鲍熊剑涛 闫豪楠 李 阮

总 序

随着我国经济社会持续发展,能源生产和消费模式正在发生重大转变,能源产业肩负着提高能源效率、保障能源安全、促进新能源消纳和推动环境保护等新使命。在此背景下,传统能源系统建设路径和发展模式亟需改变,构建综合能源系统成为新形势下能源企业的战略选择。目前,世界很多发达国家都已将综合能源系统研究作为国家战略,通过推动技术研发、装备研制、工程示范和标准制定等措施,以期在新一轮能源变革和世界竞争格局中取得优势地位。在我国,2014年习近平总书记提到能源革命,实际上是我国综合能源发展的起点。

基于综合能源系统,综合能源服务应运而生。综合能源服务是一种新型的为满足终端客户多元化能源生产与消费的能源服务方式,涵盖能源规划设计、工程投资建设、多能源运营服务以及投融资服务等方面。综合能源服务可看作是一种能源托管模式,以及在大数据和综合能源系统背景下对能源项目的精细化管理与对用能客户的精细化服务。

综合能源服务已经成为世界各国和各企业战略竞争的焦点。基于此,电网企业理应发挥自身优势,不断拓展市场空间,提供增值服务,实现从过去单纯的供电服务到综合能源供应商的定位转型。除了改革驱动外,市场需求也是推动公司转型发展的重要因素。新一代电力客户也开始呈现出交互需求旺盛、服务需求多样等新特点。基于技术水平和需求市场的日臻成熟,为客户提供节能咨询、电费金融等能源增值服务,不仅是供电企业新的效益增长点,更是优化供电服务的必然要求。

2018年,国家电网公司明确表态,将加快构建以客户为中心的现代服务体系,同时提出要大力提质增效,延伸电网业务价值链,加快组建省级综合能源服务公司,积极开拓园区、工业企业、大型公共建筑等新型能源消费市场。从传统电能供应商到综合能源服务商的角色转变,不仅要因势而动,更要势在必行。发展综合能源服务,与党中央“构建清洁低碳、安全高效的能源体系”要求相符,更是贯彻落实能源“四个革命”、实现国有资产保值增值的具体举措。

在此背景下,电力公司的经营环境将产生深刻变化,原有的电力营销理念、营销模式、营销方法已经不再适用于目前的经营环境和业务。在向综合能源服务商转变的过程中,如何对电力公司营销部门员工进行综合能源服务营销技能培训,让其尽快适应新的环境、熟悉新的业务、掌握新的技能,是摆在电力公司人力资源部门面前的一大难题。为此,电力公司迫切需要一套针对性、接地气、强技能的综合能源服务电力营销培训教材,以切实提升电力公司营销部门员工的综合能源服务的业务和技能水平,奠定电力公司在未来综合能源服务市场竞争中的优势。

国网江苏省电力有限公司盐城供电分公司与上海电力大学“校企合作”,站在可持续发展的高度,深刻把握中国电力行业的发展趋势和特征,联合成立了综合能源服务系列教材编写委员会,决定开发综合能源服务系列教材。本系列教材包括《综合能源服务概论》《综合能源服务市场分析》《综合能源服务技术框架及业务模式》3本。为了保证本系列教材能够适应综合能源服务商的定位与需求,编写人员深入广东、浙江、江苏、上海等地的综合能源服务企业与电力公司营销部门,进行实地走访和调研,了解综合能源服务的现状与营销业务人员的现实需求。在编写过程中,编写人员还广泛征求综合能源服务与电力企业营销专家的意见和建议,以确保教材能够满足综合能源服务商的需求,同时兼顾业务之间的典型性与相关性。

为了做到教材通俗易懂、深入浅出,作者在编写中注重实际操作,配备大量的图表,针对业务流程中需要重点关注的问题、难点进行阐述,供学员巩固学习效果 and 考核使用。综合能源服务系列教材能够培养电力营销业务人员的综合

能源服务业务流程知识和操作技能,理解综合能源服务业务的内涵,掌握综合能源服务技术基础,发现并妥善处理综合能源服务营销中的疑难问题。

本系列教材的作者具有很高的理论水平和丰富的实践经验。这套教材既可作为各地电力公司综合能源服务培训的教材和参考书,也可用作科研院所、高校学生和教师的参考书。

前 言

全球能源发展经历了从薪柴时代到煤炭时代,再到油气时代、电气时代的演变过程。目前,世界能源供应以化石能源为主,有力支撑了经济社会的快速发展。然而,世界能源发展过程过度依赖化石能源,导致资源紧张、气候变化、环境污染等问题日益严重,从而威胁全人类的生存发展,形势日益严峻。为了适应未来能源发展需要,水能、风能、太阳能等清洁能源正在加快开发和利用,在保障世界能源供应、促进世界清洁能源发展方面将发挥越来越重要的作用。

长期以来,世界能源消费总量持续增长,全球经济形势和能源格局深刻调整,新一轮能源革命蓬勃兴起,能源领域呈现新的发展趋势。在能源结构方面,能源供应环节将逐步形成绿色环保、节约高效、安全可靠的能源品质,多元发展的能源结构和多轮驱动的能源供应体系,集中式与分布式能源将呈现协调发展、相辅相成的趋势;在技术属性方面,包括信息技术和信息化的管理模式在内的能源互联网体系将不断深化发展;在市场形态方面,产业技术发展以绿色低碳为方向,关键支撑技术、高效的产业和商业模式有望实现重大突破和创新。

能源领域的变革与创新贯穿于人类社会的发展历史。自 20 世纪五六十年代以来,以计算机技术、自动控制技术、通信技术、数据处理技术以及网络技术等为标志的 ICT(Information and Communication Technology)领域的大量变革创新,为能源领域的进一步提升和发展提供了强有力的技术支持。在 ICT 技术的推动下,能源领域先后出现了智能电网(Smart Grid)、能源互联网(Energy Internet)和综合能源系统(Integrated Energy System)等重要理念,其目的都是通过保证能源的可持续供应,提高能源利用效率,实现低碳绿色、环境友好的

目标。

随着社会对各类能源需求的不断增加,不同形式能源之间耦合日益紧密,以往不同能源系统各自独立运行的状况,越来越难以适应未来社会的能源需求。从单一能源系统跳出,站在更高层次上对多种能源进行协调优化,以满足人类日益增长的用能需求,是社会发展的必然结果,也是催生综合能源系统的内在动力。伴随着互联网信息技术、可再生能源技术以及电力改革进程的加快,开展综合能源服务已成为提升能源效率、降低用能成本的重要发展方向,也成为各企业新的战略竞争和合作焦点。受电力体制改革和互联网产业蓬勃发展的影响,综合能源服务迎来了一个快速发展的时代机遇期,近年来受到了广泛的关注和讨论。其中,在庞大的知识体系中,对综合能源服务技术框架及业务模式的学习和了解必不可少。

本书由全球能源发展概况和中国能源发展趋势的能源背景引出,交代了综合能源系统以及与其有紧密联系的能源互联网相关知识点。接下来,全书系统阐述了综合能源服务概述、综合能源服务技术框架、综合能源服务基础数学模型、综合能源服务业务体系、综合能源服务盈利模式分析以及综合能源服务核心能力建设路径设计等内容。

笔者在编写过程中吸收了国内外专家学者的研究成果和先进理念,参考了大量相关的文献、著作、教材和网络资料,在此谨向所有专家、学者、参考文献的作者表示衷心的感谢!同时也感谢出版社编辑们的辛勤付出!

本书是集体智慧的结晶,书中内容不尽成熟,难免错漏之处,恳请读者批评指正。

作 者
2019年3月

目 录

总 序/1

前 言/1

第一章 能源发展背景/1

第一节 全球能源发展概况/1

第二节 中国能源发展趋势/3

第三节 综合能源系统/4

第四节 基于能源互联网的综合能源管理系统/7

第二章 综合能源服务概述/12

第一节 综合能源服务提出的背景/12

第二节 综合能源服务基本定义/17

第三节 综合能源服务的意义/18

第四节 售电服务与综合能源服务/20

第五节 “新电改”与综合能源服务/21

第三章 综合能源服务技术框架/23

第一节 多能互补集成供应技术/24

第二节 能量协同传输技术/32

第三节 能源高效与清洁利用技术/43

第四节 高效储能技术/55

第五节 大数据技术/74

第六节 物联网/91

第七节 人工智能/95

第八节 云计算技术/101

第九节 案例——上海市黄浦区能源互联网发展目标/109

第四章 综合能源服务基础数学模型/117

第一节 区域能源中心选址模型/117

第二节 区域综合能源系统优化调度模型/131

第三节 综合能源服务能效评估模型/139

第五章 综合能源服务业务体系/148

第一节 综合能源服务业务模式/149

第二节 综合能源服务的内容/156

第三节 电能服务增值服务/164

第四节 案例——威胜电气/172

第六章 综合能源服务盈利模式分析/178

第一节 配售一体化模式/179

第二节 供销合作社模式/181

第三节 综合能源服务模式/182

第四节 能源套餐模式/184

第五节 虚拟电厂包月售电模式/186

第六节 “配售一体化+能源综合服务”模式/187

第七节 互联网营销模式/189

第七章 综合能源服务核心能力建设路径设计/191

第一节 综合能源服务进入策略/191

第二节 业务阶段/193

第三节 业务模块设计/201

第四节 服务方案/211

参考文献/214

第一章。。。。。。。。

能源发展背景

第一节 全球能源发展概况

全球能源资源主要有煤炭、石油、天然气等化石能源和水能、风能、太阳能、海洋能等清洁能源。全球化石能源资源虽然储量巨大,但随着工业革命以来数百年的大规模开发利用,正面临资源枯竭、污染排放严重等问题。相反,清洁能源不仅品类丰富,而且低碳环保可以再生,未来具备非常诱人的开发潜力。从资源角度出发,世界能源资源概况归纳如下:

(1)随着勘探技术的不断进步和新型油气田的不断发现,世界油气能源探明储量总体呈现上升趋势。

(2)随着开采技术的进步,致密油气、煤层气、页岩油气、可燃冰等非常规油气资源将会成为常规能源的重要补充。

(3)随着新能源技术的革新和改进,风电和太阳能行业的可开发区域正在快速拓宽,利用及开发成本也在持续下降。

近年来,全球能源消费剧增,煤和石油等一次能源的大量使用,一方面使得化石能源储备迅速减少,另一方面造成了诸如温室效应等严重的环境问题。与

此同时,以风电和太阳能发电为代表的清洁能源发电成本迅速下降。2017 年,全球光伏发电一度电成本已经达到 0.1 美元。到 2020 年预计能够达到 0.06 美元/度,已经处于化石燃料发电度电成本的下限。技术的进步和规模的扩大是清洁能源发电成本下降的主要原因。近年来,随着全球清洁能源发电装机规模的不断扩大和技术的不断进步,电站建设成本不断下降。以光伏发电为例,与 2010 年相比,2017 年的光伏电站安装成本下降了约 68%;其中,2017 年相较于 2016 年下降了近 10%。全球清洁能源投资持续增长,2004~2017 年的年均复合增速约为 13.8%。近年来,国际清洁能源投资稳定增长,全球清洁能源投资从 2004 年的 620 亿美元增长到 2017 年的 3 330 亿美元,其中太阳能发电(主要是光伏发电)所占比例最大。

除了光伏发电装机得到迅猛发展,风力发电也在全球得到广泛推广。2017 年,陆上风电累计装机排名前五的国家分别为中国、美国、德国、印度和西班牙。2017 年,中国新增陆上风电装机占全球新增陆上风电装机的比例为 37%。陆上风电新增装机排名前五的国家分别为中国、美国、德国、英国和印度。2017 年,在全球份额中,维斯塔斯公司以 18%的风电装机份额位居全球第一,西门子歌美飒以 15%的份额排名第二。中国风机厂商金风科技排名第三。

表 1-1 世界水能、风能、太阳能等分布情况

地区	水 能		风 能		太阳能	
	理论蕴藏量 (亿千瓦时/年)	占比 (%)	理论蕴藏量 (亿千瓦时/年)	占比 (%)	理论蕴藏量 (亿千瓦时/年)	占比 (%)
亚洲	18	46	500	25	37 500	25
欧洲	2	5	150	8	300	2
北美洲	6	15	400	20	16 500	11
南美洲	8	21	200	10	10 500	7
非洲	4	10	650	32	60 000	40
大洋洲	1	3	100	5	22 500	15
合计	39	100	2 000	100	150 000	100

数据来源:BP, *Statistical Review of World Energy*, 2014。

绿色可持续发展战略已经成为世界主要国家的主导经济政策之一。亚太地区作为目前全球经济活力最强的区域,其能源消费量占世界总消费量的比例逐年上升,由 1965 年的 11.9% 上升到 2015 年的 42.0%。

当前,全球经济形势和能源格局深刻调整,新一轮能源革命蓬勃兴起。全球能源资源市场、技术、政策等均出现了新的变化,国际油价企稳回升,能源大国的清洁能源开发力度不断加大,新兴能源技术变革不断取得进步,对全球能源供给多元化及能源技术进步起到了积极的促进作用。

第二节 中国能源发展趋势

2016 年我国煤炭消费量占总能源消费量的 63.7%,其中电煤占煤炭总消耗的 49%。2018 年前三季度,煤炭消费量占总能源消费量的 60.4%,电煤占煤炭消费总量的比重增加至 53.9%。上述趋势预示煤炭在中国能源消费中的占比已达到峰值,并可能进一步下降,但电煤消费占比则可能逐步上升,故电力行业的能源消费变化将在中国能源消费的发展趋势中扮演重要角色。近 5 年,国家补贴政策的扶持推动了中国可再生能源渗透率快速提高,对电网的稳定运行提出了更为严苛的要求,故高效、安全调度可再生能源电力的智能电网自然成为中国电网未来的发展目标。另一方面,补贴资金缺口的扩大同时促使国家寻求转变电网垂直一体化的运营方式,利用市场化机制提高资源配置效率,以最低成本实现电力清洁化。^①

一、电网智能化

现代电力网络应具备高效、清洁、安全、可靠、市场化、可自愈与双向交互的特征。中国国家电网公司在 2009 年 5 月召开的特高压输电技术国际会议上正式提出了“坚强智能电网”概念与建设规划,即以通信平台为支柱,以坚强网架为基础,以智能控制为手段,包括发电、输电、变电、配电、用电和调度 6 个环节,

^① 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京:中国电力出版社, 2015:10—11.

涵盖所有电压等级,将先进的传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与物理电网高度集成形成的新型电网。

二、机制市场化

改革开放后,我国电力体制市场化过程大致可分为四个阶段:1985年放开集资建设电厂至1997年国家电力公司成立为第一阶段,发电市场逐步放开;1998年至2002年第一次电力体制改革之前为第二阶段,实现了政企分开,形成了“政府宏观调控为主导,电力企业自主经营,电力行业协会自律管理”的管理新格局;2002年至2015年第二轮电力市场化改革之前为第三阶段,完成了厂网分开、主辅分离的阶段性任务;2015年至今为第四阶段,电力体制改革进一步深化,市场交易范围和主体数量不断扩大,完善了电价形成机制,实现了输配分离,建设了竞争性售电市场。

三、能源清洁化

中国近年来清洁能源投资高速增长,2004~2017年的年均复合增速约为33.5%。中国清洁能源投资从2004年的31亿美元增长到2017年的1326亿美元,光伏发电投资占比最高。2017年中国的光伏发电装机实现快速增长,分布式光伏实现爆发式增长。2017年,全国光伏装机5306万千瓦,同比增长54%,占全部新增电力装机的40%。其中,集中式光伏装机增速减缓,同比增长11%;分布式光伏爆发式增长,新增装机达到1944万千瓦,同比增长3.7倍。中国风电自2015年新增装机达到30.75GW以来,2016、2017年风电装机量分别为23.37GW和19.52GW。2017年,中国陆上风电占全球比例为35%左右。

第三节 综合能源系统

一、综合能源系统基本概念

理论上讲,综合能源系统并非一个全新的概念,因为在能源领域中,长期存

在着不同能源形式协同优化的情况,如 CCHP 发电机组通过高低品位热能与电能的协调优化,以达到燃料利用效率提升的目的;冰蓄冷设备则协调电能和冷能(也可视为一种热能),以达到电能削峰填谷的目的。^①本质上讲,CCHP 和冰蓄冷设备都属于局部的综合能源系统。事实上,综合能源系统的概念最早来源于热电协同优化领域的研究。

尽管综合能源系统的概念很早就已出现,并已有大量前期研究,但目前还缺乏统一的定义,即使在世界知名的维基百科(Wikipedia)数据库中,目前仍不能找到其相关词条。为便于讨论,本书的综合能源系统特指在规划、建设和运行等过程中,通过对能源的产生、传输与分配(能源网络)、转换、存储、消费等环节进行有机协调与优化后,形成的能源产供销一体化系统。它主要由供能网络(如供电、供气、供冷/热等网络)、能源交换环节(如 CCHP 机组、发电机组、锅炉、空调、热泵等)、能源存储环节(储电、储气、储热、储冷等)、终端综合能源供用单元(如微网)和大量终端用户共同构成。一般而言,综合能源系统包含了现有供电、供气和供热网络,同时在能源网络的终端,不同的能源使用设备、能源转换和存储单元共同构成了终端综合能源系统。

二、世界各国的不同关注点

综合能源系统相关技术一直受到世界各国的重视,不同国家往往结合自身需求和特点,各自制定适合自身的综合能源发展战略。

美国在 2001 年提出了综合能源系统发展计划,目标是促进分布式能源(DER)和热电联供(Combined Heating and Power,CHP)技术的推广应用以及提高清洁能源使用比重。2007 年美国颁布了能源独立和安全法(EISA),以立法形式要求社会主要供用能环节必须开展综合能源规划;而随着天然气使用比例的不断提升(如 2011 年后美国 25%以上的能源消耗源于天然气),美国自然科学基金会、能源部等机构设立多项课题,研究天然气与电力系统之间的耦合

^① 余晓丹,徐宪东,陈硕翼等.综合能源系统与能源互联网简述[J].电工技术学报,2016,31(1): 1-13.